



(43) 國際公開日
2002 年 9 月 12 日 (12.09.2002)

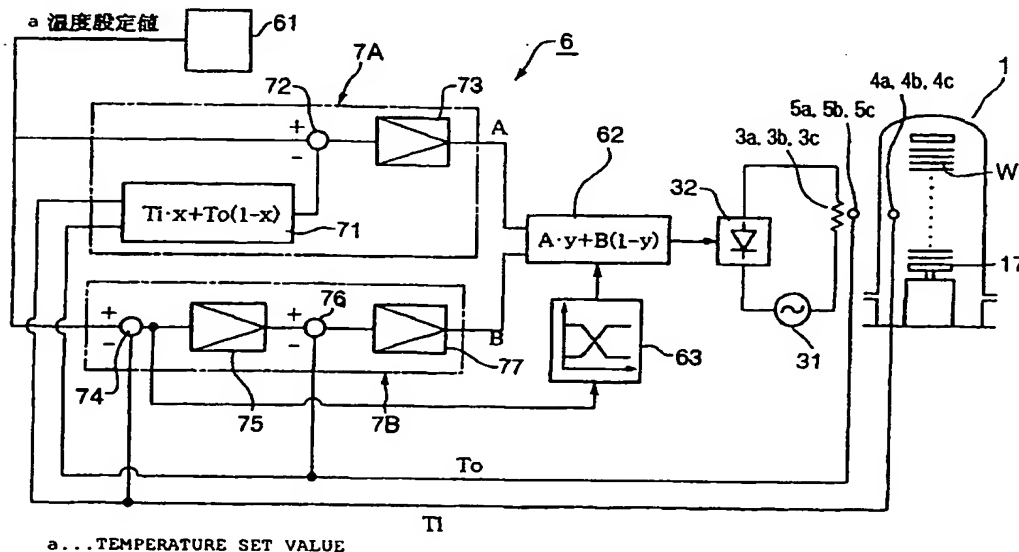
PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/071459 A1

- | | | |
|---|------------------------------|--|
| (51) 国際特許分類: | H01L 21/205, | (72) 発明者; および |
| 21/31, 21/22, C23C 16/52 | | (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 江嶋 睦仁 (EJIMA, Tomomi) [JP/JP]; 〒220-0101 神奈川県 津久井郡 城山町町屋一丁目2番41号 東京エレクトロン東北株式会社 相模事業所内 Kanagawa (JP). |
| (21) 国際出願番号: | PCT/JP02/01972 | |
| (22) 国際出願日: | 2002 年3 月4 日 (04.03.2002) | (74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒100-0005 東京都 千代田区 丸の内三丁目2 番3 号 富士ビル3 2 3 号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP). |
| (25) 国際出願の言語: | 日本語 | |
| (26) 国際公開の言語: | 日本語 | (81) 指定国 (国内): KR, US. |
| (30) 優先権データ: | | 添付公開書類: |
| 特願2001-60442 | 2001 年3 月5 日 (05.03.2001) JP | — 国際調査報告書 |
| (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目3 番6 号 Tokyo (JP). | | 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。 |

(54) Title: HEAT TREATMENT METHOD AND HEAT TREATMENT SYSTEM

(54) 発明の名称: 熱処理方法及び熱処理装置



(S7) Abstract: A system for heat treating a semiconductor wafer placed in a reaction container by heating it by means of a heater disposed on the outside of the reaction container and supplying a treating gas into the reaction container, wherein the temperature in the reaction container is raised quickly up to the process temperature and settled thereat after the wafer is carried into the reaction container and the burden on an operator for regulating the temperature rise control is lessened. The heat treatment system comprises a first operating section for interpolating the inner temperature of the reaction container and the outer temperature, i.e. the heater temperature, at a specified mixing ratio to obtain an output value corresponding to the difference between the interpolated value and a temperature set

〔続葉有〕



value, and a second operating section, i.e. a cascade control section for taking in the inner temperature in a major loop and the outer temperature in a minor loop. In the temperature rise process, output value from the first operating section is employed at first, output value from the second operating section is interpolated in the middle and that ratio is increased gradually until 100 % is accounted for by output value from the second operating section finally.

(57) 要約:

反応容器の外に設けたヒータにより反応容器内に配置された半導体ウエハを加熱し、処理ガスを反応容器内に供給して熱処理を行うにあたり、ウエハを反応容器内に搬入した後、反応容器内の温度を速やかにプロセス温度まで昇温し安定させること、及び昇温制御の調整にかかるオペレータの負担を軽減すること。

反応容器内の内部温度とヒータの温度である外部温度とを所定の混合割合で補間しその補間値と温度設定値との偏差分に応じた出力値を得る第1の演算部と、内部温度をメジャーリングで取り込みかつ外部温度をマイナーループで取り込むカスケード制御部である第2の演算部と、を設け、昇温工程においてははじめは第1の演算部の出力値を用い、途中で第2の演算部の出力値を補間してその割合を徐々に大きくし、最後に第2の演算部の出力値を100%用いるようにする。

明 細 書

熱処理方法及び熱処理装置

技術分野

本発明は、例えば半導体ウエハなどの被処理体に対し熱処理を行う熱処理方法及び熱処理装置に関する。

背景技術

半導体ウエハ（以下「ウエハ」という）に対してCVD（chemical vapor deposition）による成膜処理や酸化、拡散処理などといった熱処理をバッチで行う装置として縦型熱処理装置がある。この装置は加熱炉内に縦型の反応容器を設け、反応容器の下端開口部を開閉する蓋体の上にウエハ保持具を搭載してこのウエハ保持具に多数のウエハを棚状に保持し、蓋体の上昇によりウエハ保持具を反応容器内に搬入した後、所定の熱処理を行うものである。

反応容器内の温度制御については、図1に示すように反応容器9の中に設けた内部熱電対91及び反応容器9の外のヒータ90近傍に設けた外部熱電対92を用い、温度コントローラ93によりこれら熱電対91、92の温度検出値と温度設定値とを比較しその比較結果に基づいてヒータ90の発熱量（供給電力）が制御される。温度コントローラ93にて出力される温度設定値のプロファイルは、図2の実線で示すようにウエハWを搭載したウエハポート94を反応容器内に搬入するときには例えば600℃前後の温度（Ta）とし、その後所定のプロセス温度（Tb）まで大きくしてそのプロセス温度（Tb）を維持した後、所定の温度まで降温するように設定されている。

ここで温度コントローラ93の構成について述べると、温度コントローラ93は図1に示すように外部熱電対92の温度検出値（外部温度検出値）を重視した制御を行うための第1の演算部95と、カスケード制御を行うための第2の演算部96と、これら演算部95、96の一方の出力値を選択するためのスイッチ部97を備えている。第1の演算部95は、例えば外部温度検出値を100%用い

て演算を行う場合もあるが、内部熱電対 9 1 で検出された温度検出値（内部温度検出値）と前記外部温度検出値とを所定の比率で線形補間して温度検出値を得ると共に、この温度検出値と温度設定値とを比較し、その偏差分を積分して出力値を得る場合もある。また第 2 の演算部 9 6 は、前記内部温度検出値と温度設定値とを比較し、その偏差分を増幅して設定信号を得ると共にこの設定信号と前記外部温度検出値とを比較し、その偏差分を積分して出力値を得るものである。

そして搬入時の温度 T_a からプロセス温度 T_b まで昇温する工程においては、先ず第 1 の演算部 9 5 の出力値に基づいてヒータ 9 0 の供給電力を制御し、次にスイッチ部 9 7 を切り替えて第 2 の演算部 9 6 の出力値に基づいてヒータ 9 0 の供給電力を制御するようにしている。

このように出力値を切り替える理由は次の通りである。即ち第 1 の演算部 9 5 の出力値に基づいて温度制御を行う場合には、外部温度検出値（ヒータ 9 0 の温度）の影響が大きいので反応容器 9 内の温度が目標温度であるプロセス温度 T_b 付近になっても緩やかに上昇し、目標温度 T_b よりも低い温度に収束しようとする。一方カスケード制御を行う場合には内部温度検出値の影響が大きいので、反応容器 9 内の温度は目標温度 T_b に収束しようとするが、温度設定値と内部温度検出値との偏差分が大きいためヒータ 9 0 への供給電力が大きく、このため目標温度 T_b を大きく越えてその後に波を打って目標温度 T_b に収束しようとする現象（オーバシュート）が起きてしまう。従って昇温工程において初めは第 1 の演算部 9 5 の出力値を用いて制御（外部温度制御）を行い、反応容器 9 内の温度がある程度目標温度 T_b に近付いたときにカスケード制御を行うようにしているのである。

第 1 の演算部 9 5 による制御からカスケード制御への切り替わりのタイミングはオペレータが設定し、内部温度検出値がより早く安定するタイミングを探すようにしている。

しかしながら制御方式をいきなり切り替えると切り替えのショックで温度が乱れ、その乱れが温度の早期安定化を阻む場合もある。また切り替わりのタイミングが早すぎると、内部温度検出値が低いうちにカスケード制御が行われるので、ヒータ 9 0 への供給電力が大きくなってオーバシュートが起こり、反応容器 9 内

の温度が安定するまでに長い時間がかかる。これに対して切り替わりのタイミングが遅すぎると、反応容器 9 内の昇温が遅くなり、やはり反応容器 9 内の温度が安定するまでに長い時間がかかる。

縦型熱処理装置を運転するにあたっては、熱処理の種類やウエハの種類などに応じて目標温度がまちまちであり、また装置をメンテナンスした後に温度制御の調整をする場合もある。そして前記タイミングを見つけるためには反応容器 9 内を実際に昇温しなければならない、タイミングが見つかるまで反応容器 9 内の昇降温を繰り返さなければならないことなどから、オペレータが前記タイミングを見付け出す作業は繁雑であり、大きな負担になる。またオペレータの調整が悪いと、反応容器内の温度が安定するまでに長い時間がかかり、スループットが低下してしまう。

発明の開示

本発明はこのような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、被処理体を反応容器内にて熱処理を行うにあたって、反応容器内の温度を速やかに目標温度に安定させることができる技術を提供することにある。

本発明の熱処理方法は、被処理体が配置された反応容器内を、当該反応容器の外に設けた加熱部により加熱すると共に反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行う熱処理方法において、

外部温度検出値と内部温度検出値を所定の比率で補間し、温度設定値との偏差分から外部温度制御のための第 1 の出力値を得る工程と、

内部温度検出値と温度設定値の偏差分を算出し、外部温度検出値と比較してカスケード制御のための第 2 の出力値を得る工程と、

前記第 1 の出力値と第 2 の出力値とを線形補間してその補間値を加熱部の発熱量の制御信号として出力する工程と、

を含むことを特徴とする。

この発明において第 1 の演算は、例えば加熱部の温度検出値を重視する温度制御を行うための演算であり、第 2 の演算は、例えば反応容器の内部の温度検出値を重視する温度制御を行うための演算である。

昇温工程において、一の温度制御方式から他の温度制御方式にいきなり切り替えると切り替え時のショックにより反応容器内の温度が乱れるし、また切り替えの最適なタイミングを探す手間がかかるが、本発明のように昇温工程において第1の出力値と第2の出力値の補間比率を有する領域を有するようにすれば、第1の出力値及び第2の出力値が混在する領域、つまり一の温度制御方式及び他の温度制御方式が双方が制御温度に影響を与える領域（補間制御の領域）が形成されるので、切り替え時のショックが抑えられるし、また切り替えのタイミングを設定する負担が軽減される。なお昇温工程において第2の出力値の補間比率を徐々に大きくすることもできる。ここで徐々に大きくするという意味は、一の温度制御方式で昇温を開始し、後で他の温度制御方式を用い、途中で両方の温度制御方式が補間されているところがあれば、例えば1：1の比率で補間されている領域があれば、その比率が徐々に変わらない場合も含まれる。つまりここでいう意味は、一の温度制御方式から他の温度制御方式にいきなり移行せず、両方式が制御温度に影響を与える制御領域（補間制御の領域）が介在しているということである。

本発明をより具体的に説明すると、第1の演算は、加熱部の温度検出値またはこれに反応容器の内部の温度検出値を一定の割合で加味して得た温度検出値と温度設定値とを比較し、その偏差分に応じた第1の出力値を得るための演算である。

また第2の演算は、反応容器の内部の温度検出値と温度設定値とを比較し、その偏差分に応じた設定信号を得ると共にこの設定信号と加熱部の温度検出値とを比較し、その偏差分に応じた第2の出力値を得るための演算である。第2の出力値の補間比率を徐々に大きくする工程の初めの段階は第2の出力値の補間比率が例えば0%であり、第2の出力値の補間比率を徐々に大きくする工程の終りの段階は第2の出力値の補間比率が例えば100%である。また第2の出力値の補間比率の変更は、例えば内部温度検出値及び温度設定値の温度差と、補間比率との関係を示すデータをメモリに記憶しておき、前記温度差とデータとを参照して補間比率を調整することにより行うことができる。

更に本発明は熱処理装置としても成り立つものであり、具体的には本発明の熱処理装置は被処理体が配置された反応容器内を、当該反応容器の外に設けた加熱

部により加熱すると共に反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行う熱処理装置において、

温度検出値と温度設定値とに基づいて第1の演算を行って第1の出力値を得る第1の演算部と、

温度検出値と温度設定値とに基づいて第1の演算とは異なる第2の演算を行って第2の出力値を得る第2の演算部と、

前記第1の出力値と第2の出力値とを補間しその補間値を加熱部の発熱量の制御信号として出力する出力部と、

前記反応容器の内部温度が大きくなるにつれて前記出力部における第2の出力値の補間比率が徐々に大きくなるように補間比率を調整するための補間比率調整部と、を備えたことを特徴とする。

更に他の発明の熱処理装置は、

前記反応容器内の温度を検出する内部温度検出部と、

前記加熱部の温度を検出する外部温度検出部と、

少なくとも加熱部の温度検出値と温度設定値とに基づいて加熱部の温度検出値を重視する温度制御を行うための第1の演算を行って第1の出力値を得る第1の演算部と、

少なくとも反応容器の内部の温度検出値と温度設定値とに基づいて反応容器の内部の温度検出値を重視した温度制御を行うための第2の演算を行って第2の出力値を得る第2の演算部と、

前記第1の出力値と第2の出力値とを補間しその補間値を加熱部の発熱量の制御信号として出力する出力部と、

前記反応容器の内部温度が大きくなるにつれて前記出力部における第2の出力値の補間比率が徐々に大きくなるように補間比率を調整するための補間比率調整部と、を備えたことを特徴とする。

図面の簡単な説明

図1は、従来の縦型熱処理装置における温度制御系の一例を示すブロック図である。

図2は、従来の縦型熱処理装置において制御手法により反応容器内の温度の推移が変わる様子を示す説明図である。

図3は、本発明の実施の形態である縦型熱処理装置を示す縦断側面図である。

図4は、本発明の実施の形態で用いられる制御部を示すブロック図である。

図5は、本発明の実施の形態における温度設定値のパターンと温度制御の手法とを対応付けて示す説明図である。

図6Aは、本発明の実施の形態で用いられる記憶部に記憶されたデータの一例を示す説明図である。

図6Bは、本発明の実施の形態で用いられる記憶部に記憶されたデータの一例を示す説明図である。

図7は、本発明の実施の形態による方法で温度制御を行った場合の内部温度検出値と外部温度検出値との推移を示す説明図である。

図8は、本発明の効果を確認するためのシミュレーションの結果を示す説明図である。

図9は、本発明の効果を確認するための実験結果を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

図3は本発明を縦型熱処理装置に適用した実施の形態の全体構成図である。

先ずこの縦型熱処理装置の全体構成について簡単に述べておくと、この装置は、例えば両端が開口している内管1a及び上端が閉塞している外管1bからなる例えば石英製の二重構造の反応管1を備えている。反応管1の周囲には筒状の断熱体21がベース体22に固定して設けられ、この断熱体21の内側には抵抗発熱体からなるヒータ3a、3b、3cが例えば上下に複数分割して設けられている。分割数は例えば5段とされるが、この例では便宜上3段分割(3a、3b、3c)の構成を記載してある。ヒータ3a、3b、3cとしては、例えば線径10ミクロン前後の高純度のカーボンファイバの束を複数用いて編み込むことにより形成されたカーボンワイヤをセラミックス、例えば外径が十数ミリの透明な石英管の中に封止したものを用いることができ、例えば断熱体21の周方向に沿って波型に形成される。なおヒータ3a、3b、3cはこれに限定されるものではな

く例えば鉄-タンタル-カーボン合金などの金属体であってもよい。

内管 1 a 及び外管 1 b は下部側にて筒状のマニホールド 2 3 の上に支持され、このマニホールド 2 3 には、内管 1 a の内側の下部領域に供給口が開くようにガス供給管 2 4 が設けられると共に、内管 1 a と外管 1 b との間から排気するように図示しない真空ポンプに一端側が接続された排気管 2 5 が接続されている。この例では内管 1 a、外管 1 b 及びマニホールド 2 3 により反応容器が構成される。

更にマニホールド 2 3 の下端開口部を塞ぐように蓋体 1 1 が設けられており、この蓋体 1 1 はポートエレベータ 1 2 の上に設けられている。蓋体 1 1 の上には駆動部 1 3 により回転軸 1 4 を介して回転台 1 5 が設けられ、この回転台 1 5 の上には例えば保温筒からなる断熱ユニット 1 6 を介して基板保持具であるウエハポート 1 7 が搭載されている。ウエハポート 1 7 は、多数の基板であるウエハ W を棚状に載置できるように構成されている。

マニホールド 2 3 の側面からは、熱電対用の細い石英管 4 0 が内管 1 1 a 内の熱処理雰囲気中に立ち上げられて貫通しており、この石英管 4 0 内には、例えば 3 段に分割された各ヒータ 3 a, 3 b, 3 c が加熱する熱処理雰囲気の温度を夫々検出するように内部温度検出部である 3 個の内部熱電対 4 a, 4 b, 4 c が設けられている。また内管 1 a と外管 1 b との間におけるヒータ 3 a, 3 b, 3 c の近傍には、夫々ヒータ 3 a, 3 b, 3 c の温度を夫々検出する外部温度検出部である外部熱電対 5 a, 5 b, 5 c が設けられている。

そして各段のヒータ 3 a, 3 b, 3 c 毎に発熱量を制御するための制御部 6 a, 6 b, 6 c が設けられており、各制御部 6 a, 6 b, 6 c は、例えば内部熱電対 4 a, 4 b, 4 c による温度検出値及び外部熱電対 5 a, 5 b, 5 c による温度検出値と温度設定値とに基づいてヒータ 3 a, 3 b, 3 c の供給電力を制御して発熱量を制御するように構成される。なお内部熱電対 4 a, 4 b, 4 c の信号線は、マニホールド 2 3 の外における石英管 4 0 から引き出されているが、図 3 では便宜的に記載してある。

各制御部 6 a, 6 b, 6 c の構成は同じなので、そのうちの一つについて図 4 を参照しながら説明する。制御部 6 は、内管 1 a 内の熱処理雰囲気の温度設定値

を出力する温度設定値出力部 6 1 と、第 1 の演算部 7 A と、第 2 の演算部 7 B と、制御信号出力部 6 2 と、補間比率調整部 6 3 とを備えている。温度設定値出力部 6 1 は、内管 1 a 内の熱処理雰囲気の温度設定値を出力する温度設定値出力部であり、各タイミングにおける温度設定値の集合値である温度パターンが記憶されている。この温度パターンは、図 5 の実線で示すようにウエハ W の搬入時には温度設定値 T_1 が出力され、ウエハ W の搬入後に温度目標値（プロセス温度）である温度設定値 T_2 に向かって大きくなり、プロセス終了後に T_1 に向かって降温するように設定されている。

図 4 における第 1 の演算部 7 A は、内部温度検出値 T_i と外部温度検出値 T_o とを所定（一定）の比率で補間する。つまり x ($0 \leq x \leq 1$) を補間比率（ x は一定）とすると $T_i \cdot x + T_o (1 - x)$ の演算を行う補間部 7 1 と、温度設定値と補間部 7 1 からの出力値とを比較して偏差分を取り出す比較演算部 7 2 と、この比較演算部 7 2 の比較結果（動作信号）を調節して第 1 の出力値 A を出力する調節部 7 3 とを備えている。第 1 の演算部 7 A は、例えば外部温度検出値 T_o の影響の大きい温度制御を行うためのものであるから、 T_o の補間比率は任意の値とされ、好ましくは 50%～100%とされる。

第 2 の演算部 7 B は、温度設定値と内部温度検出値 T_i とを比較して偏差分を取り出す比較演算部 7 4 と、この比較演算部 7 4 からの偏差分を調節して次段の制御信号を生成する調節部 7 5 と、この調節部 7 5 からの制御信号を設定信号として当該設定信号と外部温度検出値 T_o とを比較して偏差分を取り出す比較演算部 7 6 と、この比較演算部 7 6 からの偏差分を調節して第 2 の出力値 B を出力する調節部 7 7 とを備えている。前記調節部 7 3、7 5、7 7 は、例えば積分動作を行う増幅部より構成される。

制御信号出力部 6 2 は、第 1 の演算部 7 A の出力値（第 1 の出力値）A と第 2 の演算部 7 B の出力値（第 2 の出力値）B とを補間し、その補間された結果の値（「補間値」という）をヒータ 5 の発熱量の制御信号、この例では、電源部 3 1 からヒータ 3 に供給される電力を制御するためのスイッチ部 3 2 の制御信号として出力される。具体的にはこの制御信号出力部 6 2 は、 y ($0 \leq y \leq 1$) を補間比率とすると $A \cdot y + B (1 - y)$ の演算を行う機能を備えている。

補間比率調整部 6 3 は、温度設定値と内部温度検出値 T_i との温度差（絶対値） P と、補間比率 y と、の関係を示すテーブルを格納した記憶部を含んでおり、例えば比較演算部 7 4 で取り出された偏差分に対応する補間比率 y を前記テーブルから読みだして制御信号出力部 6 2 の補間比率 y とする機能を備えている。図 6 A は、温度差 P と y との関係を示すテーブルのイメージを示す図であり、同図には、第 1 の出力値 A 及び第 2 の出力値 B の夫々について補間比率を示してある。内部温度検出値 T_i が小さい時（温度差 P が大きい時）には y は「1」であり、第 1 の出力値 A が 100% 制御信号として用いられる。そして内部温度検出値 T_i が大きくなってくると（温度差 P が小さくなってくると）、徐々に y が小さくなり、更に内部温度検出値 T_i が大きくなって温度設定値に近付くと、 y が「0」となって第 2 の出力値 B が 100% 制御信号として用いられるようになる。温度差 P と補間比率 y との関係については、図 6 A に示したように直線的に y が変化するようにしてもよいが、図 6 B に示したようにカーブを描いて y が変化するようにしてもよい。

制御部 6 は、実際には例えば CPU、プログラムを格納した ROM、及び温度設定値を記憶したメモリなどにより構成され、また各演算はプログラムによりソフト的に行われるが、図 4 ではイメージ構成を模式的に記載してある。

次に上述実施の形態の作用について説明する。先ず反応容器（反応管 1 及びマニホールド 2 3）の下方側でウエハポート 1 7 に被処理体である多数のウエハ W を移載して棚状に保持し、ポートエレベータ 1 2 を上昇させてウエハポート 1 7 を反応容器内に搬入する。このとき図 5 に示すように温度設定値は T_1 例えば 600℃前後になっているが、ウエハポート 1 7 の搬入後に温度設定値が T_2 例えば 800℃に向かって大きくなる。

ここで温度設定値と内部温度検出値 T_i との温度差（絶対値） P と補間比率 y との関係については、例えば温度差 P が 6℃よりも大きければ第 1 の出力値 A が 100% 用いられ、温度差 P が 3℃～6℃であれば例えば図 6 A に示すテーブルに従って第 1 の出力値 A 及び第 2 の出力値 B が補間され、温度差 P が 3℃よりも小さければ第 1 の出力値 B が 100% 用いられる。この場合図 7 に示すように内部温度検出値 T_i が、温度差 P が 6℃になる 794℃（ T_A ）に至るまでは、第

1 の出力値 A が 100% 制御信号として制御信号出力部 62 から出力されてヒータ 3a, 3b, 3c の供給電力が制御される。

第 1 の出力値 A による制御は外部温度検出値を重視したいわば「外部温度制御」であるので、反応容器の内部温度は目標温度に近付くと昇温が緩やかになる。そして内部温度（内部温度検出値 T_i ）が 794°C (T_A) 以上になると、昇温するにつれて第 1 の出力値 A の比率が徐々に小さくなり、第 2 の出力値 B の比率が増えてくる。第 2 の出力値 B による制御は内部温度検出値を重視した「カスケード制御」であるが、両者の補間制御領域の初めの頃はカスケード制御の割合が小さいので、内部温度が目標温度に向かって急上昇しようとする傾向は小さい。しかし温度上昇に伴ってカスケード制御の割合が大きくなるので、内部温度が目標温度に向かって急上昇しようとする傾向が徐々に大きくなっていき、 797°C (T_B) を越えると、カスケード制御の割合が 100% になるので、内部温度が目標温度に向かって急上昇しようとするが、この段階では内部温度が目標温度にかなり近付いているため、実質的なオーバシュートが起こらず速やかに目標温度に安定する。そして内部温度が目標温度であるプロセス温度に安定した後、ガス供給管 24 から所定の処理ガス例えば成膜ガスが反応容器内に供給されると共に排気管 25 を介して図示しない真空ポンプにより所定の真空度に維持され、ウェハポート 17 が駆動部 13 により回転しながらウェハ W に対して熱処理例えば成膜処理が行われる。しかる後、温度設定値が小さくなって反応容器内が降温し、ポートエレベータ 12 が降下してウェハポート 17 が搬出される。

上述実施の形態によれば、外部温度検出値を重視した制御から内部温度検出値を重視したカスケード制御にいきなり切り替えるのではなく、両者が温度制御に影響を与える混在した状態を作り出し、徐々にカスケード制御に切り替えているので、切り替え時のショック（温度の乱れ）が抑えられ、速やかに目標温度に安定させることができ、スループットの向上を図ることができる。

また従来のように切り替えのタイミングをいわば点で行うと、その 1 点の位置により昇温の状態が大きく左右されるので調整が難しいが、両温度制御方式が混在した状態を介在させることにより、例えば図 6A, 6B に示すような切り替えパターンを決めておけば昇温パターンや目標温度が異なっても順応できるため、

調整作業における負担が小さい。

上述の例では、第1の出力値Aが100%の状態から第2の出力値Bが100%の状態に切り替えているが、初め第1の出力値Aに第2の出力値Bが補完的に（相対的に割合が小さく）補間されている一つの制御方式を用い、次いで第2の出力値Bの補間比率が徐々に大きくなって、最後に第2の出力値Bに第1の出力値Aが補完的に（相対的に割合が小さく）補間されている他の制御方式に落ち着く場合も本発明の権利範囲に含まれる。また補間比率の変化については、図6A、6Bに示したパターンに限らず例えば階段状に第2の出力値Bの補間比率を増やすようにしてもよい。なお本発明はバッチ式の熱処理装置に限らず枚葉式の熱処理装置に適用してもよい。

（実施例）

ここでコンピュータを使ってシミュレーションした結果を図8に示しておく。この例は、反応容器の内部温度を室温から目標温度である400℃まで昇温させた場合の内部温度検出値と外部温度検出値とを示すものであり、温度差Pが10℃よりも大きければ第1の出力値Aが100%用いられ、温度差Pが2℃～10℃であれば例えば図6Aに示すテーブルに従って第1の出力値A及び第2の出力値Bが補間され、温度差Pが2℃よりも小さければ第2の出力値Bが100%用いられるという条件設定がされている。

また実際の縦型熱処理装置を使って反応容器の内部温度を昇温した結果を図9に示しておく。この例は、反応容器の内部温度を室温から目標温度である800℃付近まで昇温させた場合の内部温度検出値と外部温度検出値とを示すものであり、温度差Pが10℃よりも大きければ第1の出力値Aが100%用いられ、温度差Pが2℃～10℃であれば例えば図6Aに示すテーブルに従って第1の出力値A及び第2の出力値Bが補間され、温度差Pが2℃よりも小さければ第2の出力値Bが100%用いられるという条件設定がされている。

いずれの例からも内部温度がオーバシュートをせずに速やかに目標温度に安定することが分かる。

以上のように本発明によれば、反応容器内を目標温度に昇温するにあたって一の温度制御方式から他の温度制御方式に切り替えるときに両温度制御方式が制御

温度に影響を与える補間制御領域を形成しているので温度制御方式の切り替え時のショック（温度の乱れ）が抑えられ、速やかに目標温度に安定させることができ、スループットの向上を図ることができる。更にまた切り替え時のショックが抑えられることから、従来のように切り替えのタイミングの最適なポイントを探す負担が軽減される。

請 求 の 範 囲

1. 被処理体が配置された反応容器内を、当該反応容器の外に設けた加熱部により加熱すると共に反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行う熱処理方法において、

外部温度検出値と内部温度検出値を所定の比率で補間し、温度設定値との偏差分から外部温度制御のための第1の出力値を得る工程と、

内部温度検出値と温度設定値の偏差分を算出し、外部温度検出値と比較してカスケード制御のための第2の出力値を得る工程と、

前記第1の出力値と第2の出力値とを線形補間してその補間値を加熱部の発熱量の制御信号として出力する工程と、

を含むことを特徴とする熱処理方法。

2. 被処理体が配置された反応容器内を、当該反応容器の外に設けた加熱部により加熱すると共に反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行う熱処理方法において、

昇温工程の初期において、外部温度検出値と内部温度検出値を所定の比率で補間し温度設定値との偏差分から得られる第1の出力値によって外部温度制御を行う段階と、

昇温工程の終期において、内部温度検出値と温度設定値の偏差分を算出し外部温度検出値と比較して得られる第2の出力値によってカスケード制御を行う段階と、

前記第1の出力値による外部温度制御と前記第2の出力値によるカスケード制御の間に、第1の出力値と第2の出力値を補間して補間制御を行う段階と、

を含むことを特徴とする熱処理方法。

3. 前記第1の出力値と前記第2の出力値の補間は、内部温度検出値と設定温度の温度差に対応する所定の補間比率を用いることを特徴とする請求項1または2に記載の熱処理方法。

4. 前記補間比率は、少なくとも一つの固定された値であることを特徴とする請求項3に記載の熱処理方法。

5. 前記補間比率は、内部温度検出値と設定温度の温度差に対応して変化することを特徴とする請求項3に記載の熱処理方法。

6. 昇温工程の初期の段階では、前記第2の出力値の補間比率は0%であることを特徴とする請求項1または2に記載の熱処理方法。

7. 昇温工程の終期の段階では、前記第2の出力値の補間比率は100%であることを特徴とする請求項1または2に記載の熱処理方法。

8. 被処理体が配置された反応容器内を、当該反応容器の外に設けた加熱部により加熱すると共に反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行う熱処理装置において、

温度検出値と温度設定値とに基づいて第1の演算を行って第1の出力値を得る第1の演算部と、

温度検出値と温度設定値とに基づいて第1の演算とは異なる第2の演算を行って第2の出力値を得る第2の演算部と、

前記第1の出力値と第2の出力値とを補間しその補間値を加熱部の発熱量の制御信号として出力する制御信号出力部と、

前記反応容器の内部温度が大きくなるにつれて前記制御信号出力部における第2の出力値の補間比率が徐々に大きくなるように補間比率を調整するための補間比率調整部と、を備えたことを特徴とする熱処理装置。

9. 被処理体が配置された反応容器内を、当該反応容器の外に設けた加熱部により加熱すると共に反応容器内に処理ガスを導入して熱処理を行う熱処理装置において、

前記反応容器の内部の温度を検出する内部温度検出部と、

前記加熱部の温度を検出する外部温度検出部と、

少なくとも加熱部の温度検出値と温度設定値とに基づいて加熱部の温度検出値を重視する温度制御を行うための第1の演算を行って第1の出力値を得る第1の演算部と、

少なくとも反応容器の内部の温度検出値と温度設定値とに基づいて反応容器の内部の温度検出値を重視した温度制御を行うための第2の演算を行って第2の出力値を得る第2の演算部と、

前記第 1 の出力値と第 2 の出力値とを補間しその補間値を加熱部の発熱量の制御信号として出力する制御信号出力部と、

前記反応容器の内部温度が大きくなるにつれて前記制御信号出力部における第 2 の出力値の補間比率が徐々に大きくなるように補間比率を調整するための補間比率調整部と、を備えたことを特徴とする熱処理装置。

10. 第 1 の演算部は、加熱部の温度検出値またはこれに反応容器の内部の温度検出値を補間した温度検出値と温度設定値とを比較し、その偏差分に応じた第 1 の出力値を得る演算を行うものである請求項 8 または 9 記載の熱処理装置。

11. 第 2 の演算部は、反応容器の内部の温度検出値と温度設定値とを比較し、その偏差分に応じた設定信号を得ると共にこの設定信号と加熱部の温度検出値とを比較し、その偏差分に応じた第 2 の出力値を得る演算を行うものである請求項 8、9 または 10 記載の熱処理装置。

12. 補間比率調整部は、反応容器の内部の温度検出値及び温度設定値の差と、補間比率との関係示すデータを記憶した手段を含むことを特徴とする請求項 8 ないし 11 のいずれかに記載の熱処理装置。

13. 補間比率調整部は、第 2 の出力値の補間比率が 0 % から徐々に大きくなるように構成されていることを特徴とする請求項 8 ないし 12 のいずれかに記載の熱処理装置。

14. 補間比率調整部は、第 2 の出力値の混合割合が 100 % に向かって徐々に大きくなるように構成されていることを特徴とする請求項 8 ないし 13 のいずれかに記載の熱処理装置。

1 / 7

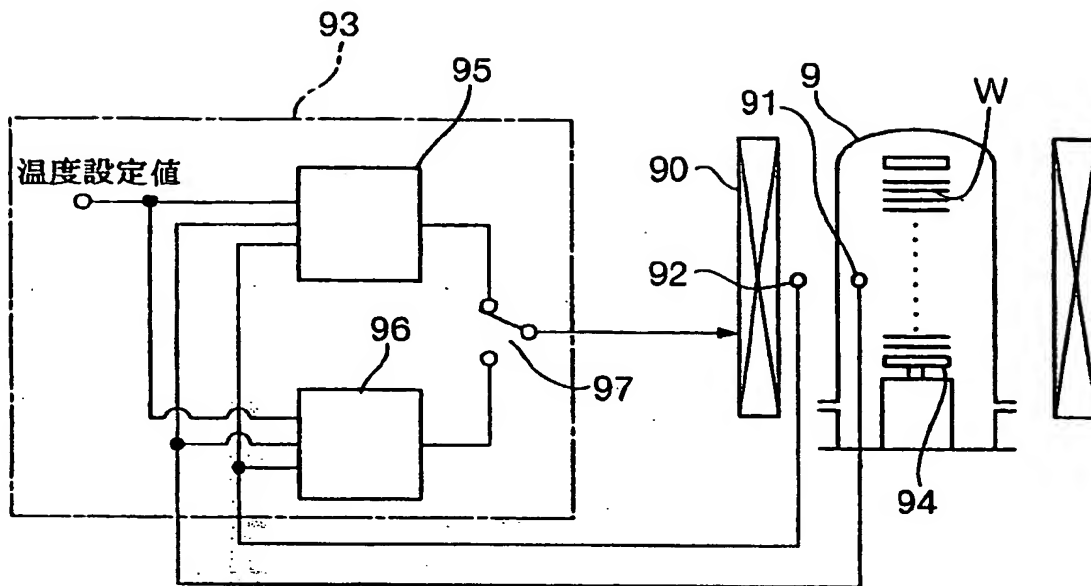


FIG. 1 PRIOR ART

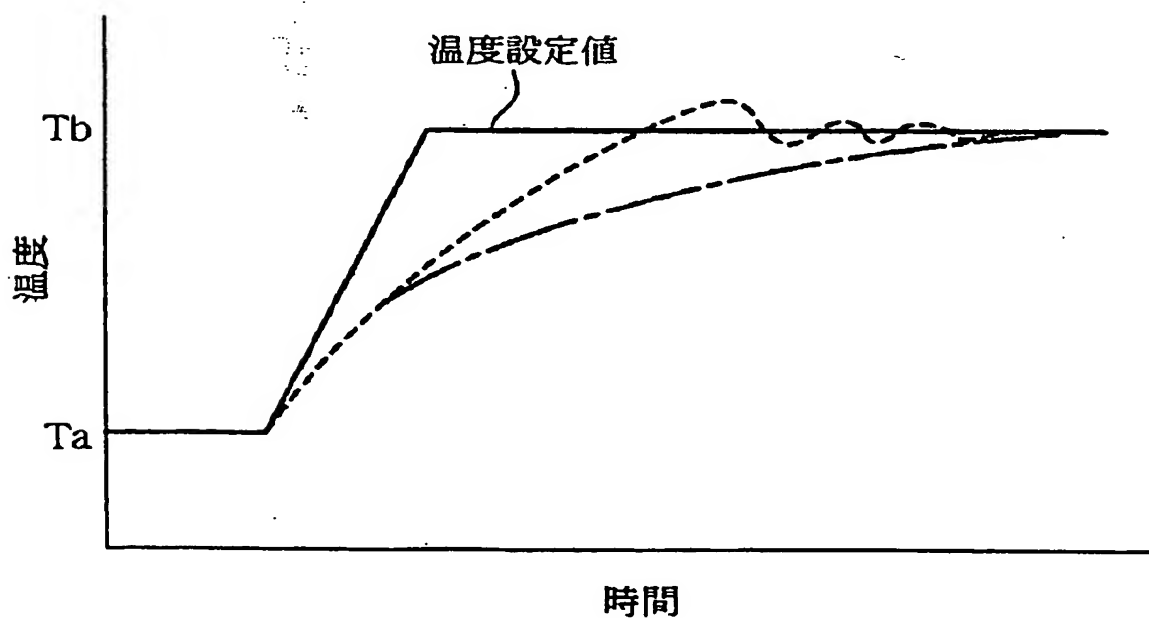


FIG. 2 PRIOR ART

2 / 7

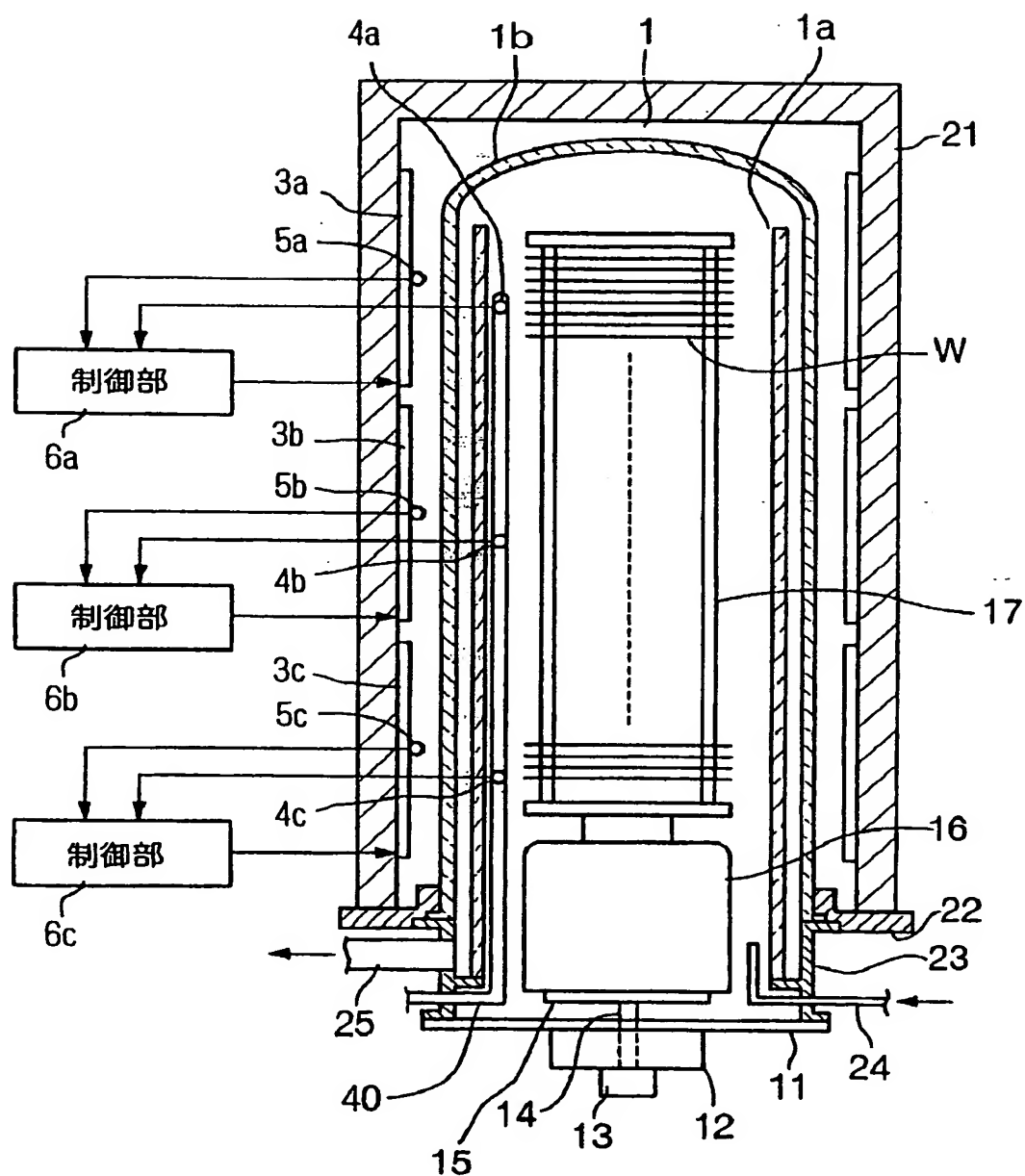


FIG. 3

3 / 7

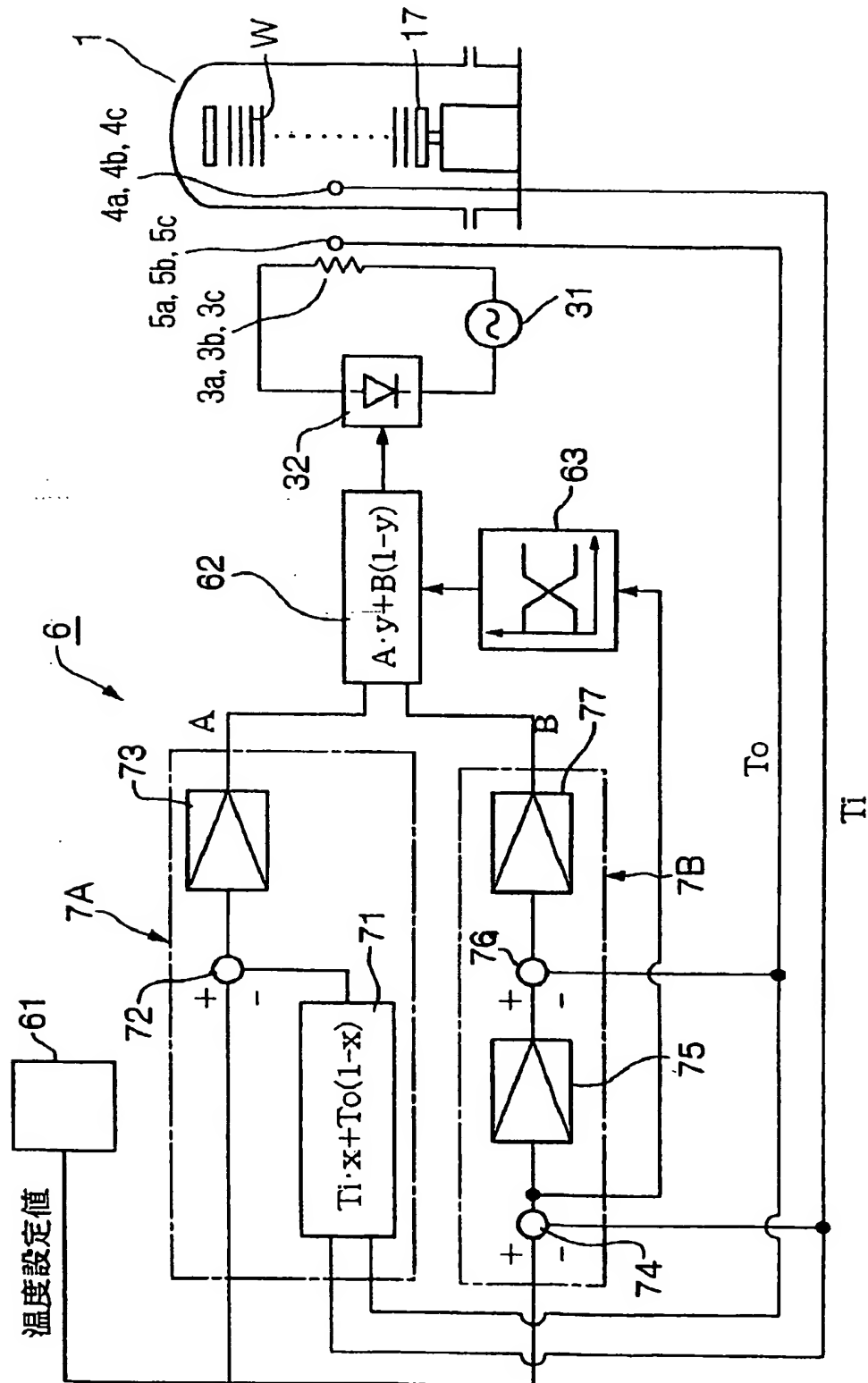


FIG. 4

4 / 7

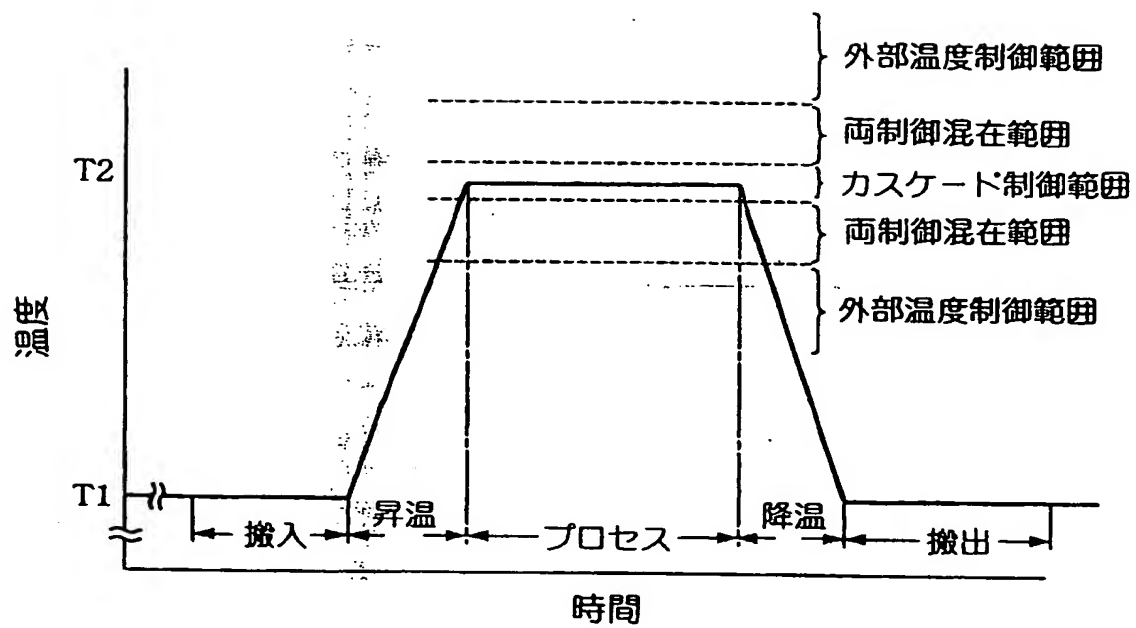


FIG. 5

5 / 7

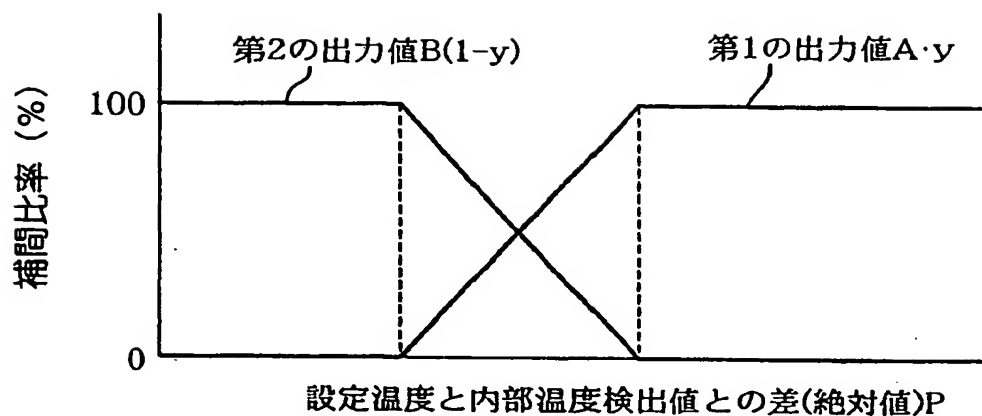


FIG. 6A

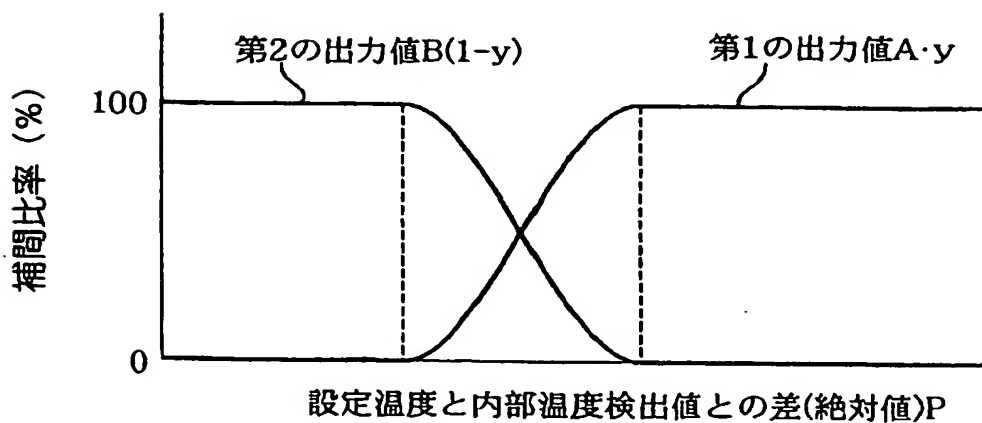


FIG. 6B

6 / 7

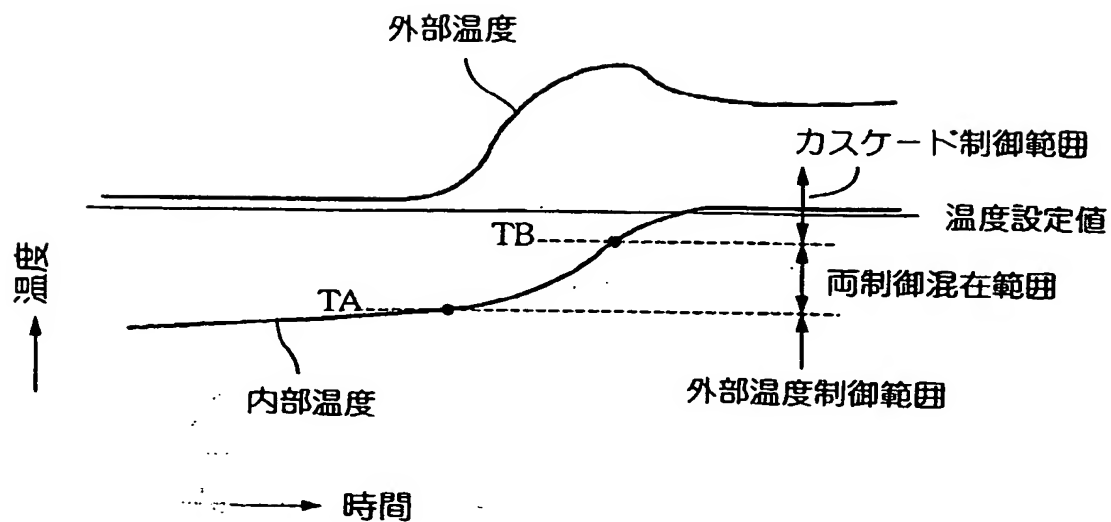


FIG. 7

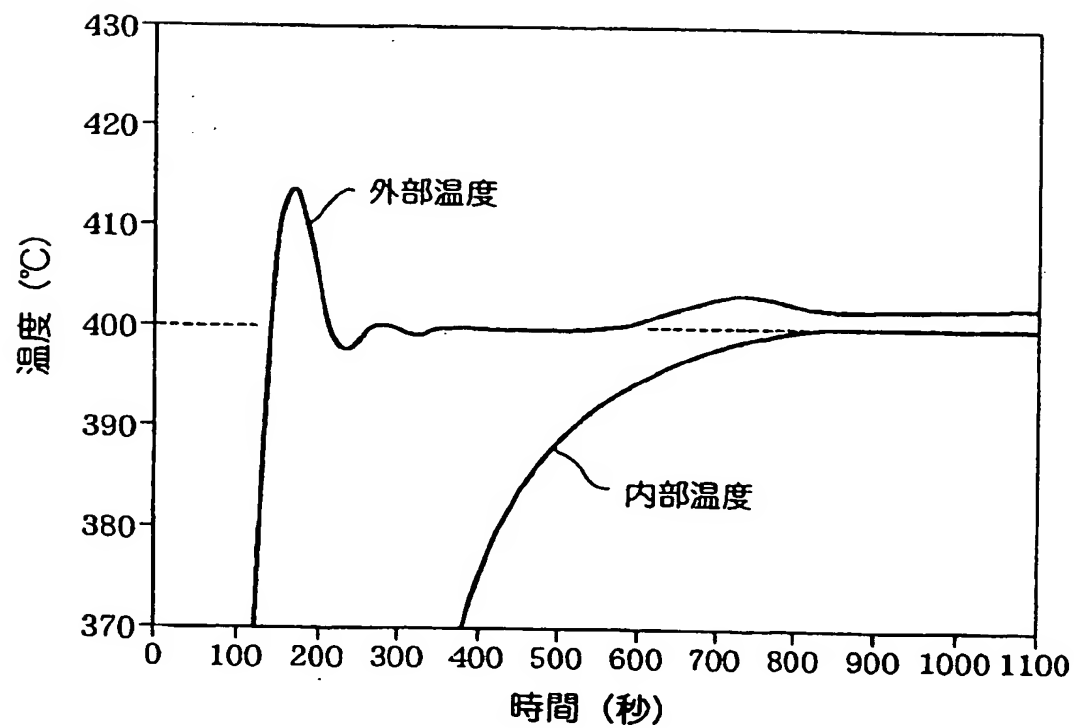


FIG. 8

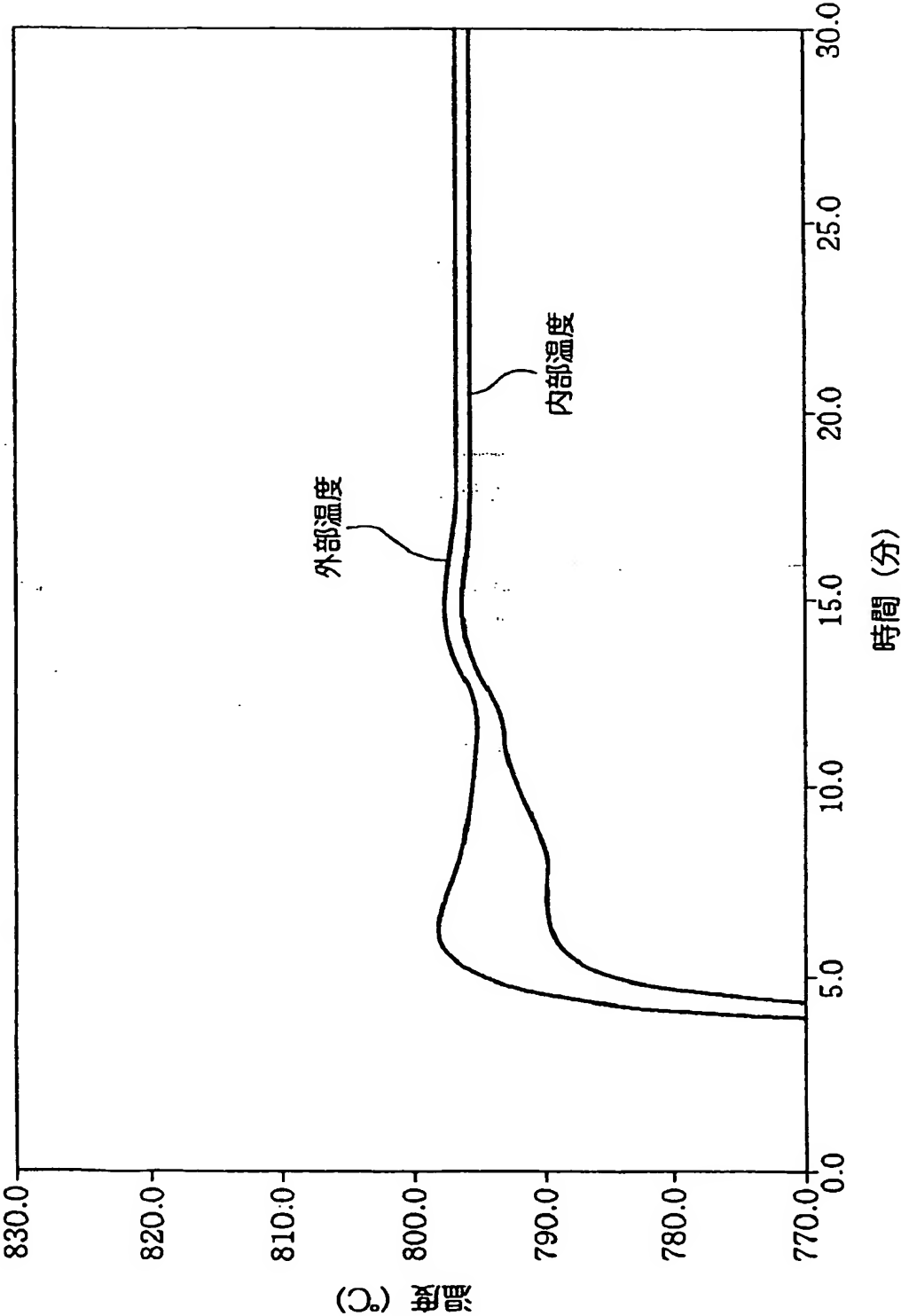


FIG. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01972

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L21/205, H01L21/31, H01L21/22, C23C16/52

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/205, H01L21/31, H01L21/22, C23C16/52

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-288230 A (Kokusai Electric Co., Ltd.), 01 November, 1996 (01.11.96), Full text; Fig. 8 (Family: none)	1-14
A	JP 56-85101 A (Hitachi, Ltd.), 11 July, 1981 (11.07.81), Claims; Figs. 6 to 9 (Family: none)	1-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
10 May, 2002 (10.05.02)

Date of mailing of the international search report
21 May, 2002 (21.05.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L21/205、H01L21/31、H01L21/22、C23C16/52

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ H01L21/205、H01L21/31、H01L21/22、C23C16/52

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996

日本国公開実用新案公報 1971-2002

日本国実用新案登録公報 1996-2002

日本国登録実用新案公報 1994-2002

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 8-288230 A (国際電気株式会社) 1996. 11. 01、全文、図8 (ファミリーなし)	1-14
A	J P 56-85101 A (株式会社日立製作所) 1981. 07. 11、特許請求の範囲、第6-9図 (ファミリーなし)	1-14

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 05. 02

国際調査報告の発送日

21.05.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

加藤 浩一



4 R

8617

電話番号 03-3581-1101 内線 3425